

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



71 Anmelder:  
Klöckner-Humboldt-Deutz AG, 5000 Köln, DE

72 Erfinder:  
Tholen, Paul, Dipl.-Ing., 5060 Bergisch Gladbach, DE

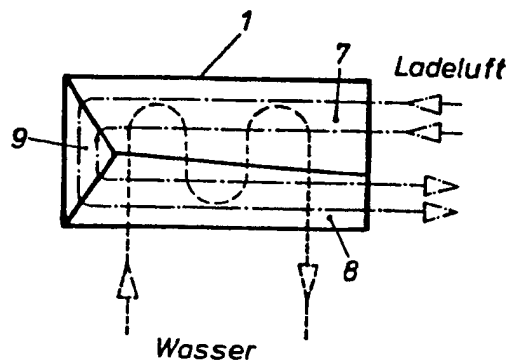
56 Recherchenergebnisse nach § 43 Abs. 1 PatG:

DE-AS	10 55 021
DE-OS	33 36 671
DE-OS	32 43 663
DE-OS	26 15 977
US	44 15 024

54 Wärmetauscher, insbesondere Ladeluftkühler mit optimierten Strömungswiderständen für alle wärmeaustauschenden Medien

An Brennkraftmaschinen werden heute von der Abtriebsseite her vielfach Forderungen gestellt nach Rückkühlung verschiedener Medien. Die Verwendung von hydrodynamischen Abtrieben oder hydrostatischen Abtrieben, aber auch der Einsatz von Retardern verlangt eine Rückkühlung des Hydrauliköls. Aber auch bei Wärmepumpenbetrieb und Antrieben von Klimaanlage ist die Rückkühlung von kondensierenden und verdampfenden Medien erforderlich. Der Anlagenbetreiber fordert vom Motorenhersteller häufig die Rückkühlung verschiedener Hydraulikkreise, aber auch verschiedener Medien, bei gleichzeitig kompakter Bauweise der Wärmetauscher.

Das durch die Erfindung vorgestellte Wärmetauscherprinzip erlaubt die Beaufschlagung gleichzeitig mehrerer Rückkühlmedien unter Beachtung eines optimierten Kühlerbauvolumens. Der Wärmetauscher ist ausgeführt als schräggeteilter Block, bestehend aus mindestens zwei Kühleinheiten. Die Aufteilung erfolgt so, daß für das zu kühlende Medium in allen Bereichen ein konstanter Strömungswiderstand herrscht. Für das Kühlmedium werden Turbulenzanreger im Wärmetauscher vorgesehen, die in Durchströmrichtung in Abhängigkeit von der erzielbaren Wirkung abnehmen (Fig. 1).



## Patentansprüche

1. Wärmetauscher, insbesondere Ladeluftkühler für aufgeladene Brennkraftmaschinen, bestehend aus zumindest einer Kühleinheit mit einem Einlaß und einem Auslaß, deren Strömungsquerschnitte in Durchströmrichtung der beteiligten Kühl- oder Heizmedien abnehmen, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Wärmetauscher als schräggeteilter Block mit mindestens zwei Kühleinheiten ausgeführt ist und eine geometrische Gestalt aufweist, derart, daß in allen Bereichen des Wärmetauschers ein annähernd konstanter Strömungswiderstand gegeben ist für das durch die Lamellen bzw. die Rohre geführte zu kühlende Medium bzw. für das Kühlmedium.
2. Wärmetauscher nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Wärmetauscher aus mehreren schräg geteilten Blöcken besteht.
3. Wärmetauscher nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß im Wärmetauscher ein weiteres Medium wie Abgas, Schmieröl, Kühlwasser, Kühlöl oder dergl. rückkühlbar ist.
4. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Wärmetauscher aus zwei separaten Wärmetauschern, in zwei Kühleinheiten (10, 11) aufgeteilt, besteht, die vorzugsweise als parallel angeordnete, im Gegenstrom geführte Ladeluftkühler ausgeführt sind, wie sie für V-Motoren sinnvoll sind, für Brennkraftmaschinen mit zwei getrennten Aufladevorrichtungen (Fig. 2).
5. Wärmetauscher nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen den Kühleinheiten (10, 11) eine Verbindung hergestellt wird (Fig. 2).
6. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Wärmetauscher aus zwei separaten Wärmetauschern mit jeweils geteilten Blöcken besteht, die vorzugsweise als hintereinander geschaltete Ladeluftkühler für zweistufige Aufladung ausgeführt sind, bei dem die Ladeluft zueinander im Gegenstrom die Kühler durchströmt und der Querschnitt der einzelnen Blöcke vorzugsweise der unterschiedlichen Dichte der Ladeluft angepaßt ist (Fig. 7).
7. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Wärmetauscher aus mehreren aneinandergesfügten schräg geteilten Blöcken besteht, wobei jede Einheit getrennt voneinander zu beaufschlagen und zu betreiben ist.
8. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Strömungsführung im Wärmetauscher, bestehend aus aneinandergesfügten, schräggeteilten Blöcken, für unterschiedliche Medien so konzipiert ist, daß die zu kühlenden Medien zueinander im Gleichstrom den Wärmetauscher durchfließen, während das Kühlmedium den Wärmetauscher in Bezug zu den zu kühlenden Medien im Kreuzstrom bzw. Kreuzgegenstrom durchfließt (Fig. 5).
9. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Strömungsführung im Wärmetauscher, bestehend aus aneinandergesfügten, schräggeteilten Blöcken, für unterschiedliche Medien so konzipiert ist, daß die zu kühlenden Medien zueinander im Gegenstrom den Wärmetauscher durchfließen, während das Kühlmedium den Wärmetauscher in Bezug zu

den zu kühlenden Medien im Kreuzstrom durchfließt (Fig. 6).

10. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlmittelführung mit turbulenzanregenden Mitteln (28) versehen ist, die in Durchströmrichtung hinsichtlich der erzielbaren Wirkung abnehmen (Fig. 3).

11. Wärmetauscher nach den Ansprüchen 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlmittelführung durch bekannte Rippenrohre wie auch Lamellen gebildet wird, die von der Kühlflüssigkeit als Kühlmittel durchströmt werden.

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Wärmetauscher, insbesondere Ladeluftkühler für aufgeladene Brennkraftmaschinen, bestehend aus zumindest einem Kühlelement mit einem Einlaß und einem Auslaß, deren Strömungsquerschnitte in Durchströmrichtung der beteiligten Kühl- oder Heizmedien zunehmen oder abnehmen.

Wärmetauscher an Brennkraftmaschinen dienen als Rückkühlorgan z. B. für Ladeluft, Motoröl, Kühlwasser und Abgas und sind vielfach fest am Motor integriert.

Heute verwendete Wärmetauscher, sowohl Lamellen- wie auch Röhrenwärmetauscher sind so aufgebaut, daß die Wärmetaustauschflächen gleich sind, d. h. gleiche Längen und Durchmesser der Lamellen bzw. Rohre gegeben sind. Diese Auslegung hat für beide austauschenden Medien zur Folge, daß der Durchströmwiderstand im Wärmetauscher sich ständig verändert und somit der Gesamtdruckverlust höher als notwendig und der Wärmeaustausch geringer als möglich ist. Hinsichtlich der Leistung und des Bauvolumens sind solche Wärmetauscher nicht optimal ausgelegt.

Ein der Erfindung gattungsgemäßer Wärmetauscher ist aus dem DE-GM 19 26 029 bekannt. Hierbei ist die Kühlmittelführung derart gestaltet, daß durch einfachen Umbau wahlweise Kühlluft oder auch Kühlwasser als Kühlmittel Verwendung finden kann, um so den Wärmetauscher im Fahrzeug- und Aggregatbau mit Brennkraftmaschinenantrieb unabhängig von dessen Kühlungsart universell einsatzfähig zu machen. Durch den abnehmenden Strömungsquerschnitt der Ladeluftkühlelemente wird insbesondere der Tatsache Rechnung getragen, daß der Druckwiderstand des gasförmigen Mediums Ladeluft in einem Strömungsrohr — abgesehen von seiner Strömungsgeschwindigkeit und seiner Zähigkeit — im wesentlichen eine Funktion der Temperatur ist, so daß durch diese Maßnahme der Druckverlust im Luftkühlelement minimiert werden kann.

An Brennkraftmaschinen im heutigen Fahrzeug- und Aggregatbau werden vielfach Forderungen im Zusammenhang mit dem Kühlsystem gestellt, denen der bekannte Wärmetauscher nicht gerecht werden kann. Der häufig verwendete hydrodynamische oder hydrostatische Abtrieb erfordert eine Rückkühlung des Hydrauliköls. Diese Forderung bezieht sich auch auf den Einsatz von Retardern.

Weiter entstehen Forderungen nach Rückkühlung im Fahrzeugbau bei Verwendung von Wärmepumpen und Klimaanlage, die mit kondensierenden und verdampfenden Medien arbeiten.

Mit dem bekannten Wärmetauscher ist nur ein Medium kühlbar, so daß bei den beschriebenen Anwendungsgebieten mehrere verschiedene Wärmetauscher an der Antriebseinheit vorgesehen sein müssen, die einen erheblichen Platzbedarf beanspruchen. Der bekannte

Wärmetauscher ist so ausgelegt, daß für die Ladeluft (zu kühlendes Medium) im gesamten Kühler ein nahezu konstanter Strömungswiderstand herrscht. Eine entsprechende Anpassung auf der Kühlmittelseite wird dagegen nicht vorgenommen.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Wärmetauscher der eingangs genannten Gattung in einfacher Weise dahingehend zu verbessern, daß für beide Austauschmedien im Wärmetauscher eine Reduzierung der Gesamtströmungsverluste bei Erhöhung des Wirkungsgrades des Wärmetauschers gegeben ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der Wärmetauscher als schräggeteilter Block ausgeführt ist und eine geometrische Gestalt aufweist, die einen konstanten Strömungswiderstand in allen Bereichen des Wärmetauschers bewirkt, für das durch die Lamellen bzw. Rohre geführte zu kühlende Medium wie auch für das Kühlmedium. Eine stetige Querschnittsanpassung in Durchströmrichtung für das zu kühlende Medium steht in direktem Zusammenhang mit der erzielten Temperaturabsenkung. Damit wird der Tatsache Rechnung getragen, daß bei Gasen der Widerstand — abhängig von der Geschwindigkeit und Zähigkeit — im wesentlichen eine Funktion der Temperatur ist; d. h. der Strömungswiderstand von gasförmigen Medien fällt mit der Temperatur. Flüssige Medien haben dagegen einen umgekehrten Effekt; d. h. der Strömungswiderstand steigt mit der abnehmenden Temperatur.

Beispielsweise ist bei einem Ladeluftkühler nach dem Erfindungsgedanken der Wärmetauscher schräggeteilt, wobei die Strömungsquerschnitte vom Eintritt zum Austritt stetig abnehmen, entsprechend der fallenden Ladelufttemperatur. Ein umgekehrter Wärmetauscher-aufbau, d. h. Vergrößerung der Strömungsquerschnitte für das zu kühlende Medium in Durchströmrichtung, ergibt sich nach dem Erfindungsgedanken bei einer Beaufschlagung mit einem flüssigen Medium. Dieses Wärmetauscherkonzept gestattet weiter die Rückkühlung verschiedener Medien und auch die Kombination von flüssigen und gasförmigen Medien unter Berücksichtigung der physikalischen Eigenschaften wie Widerstandserhöhung für Flüssigkeiten bei fallenden Temperaturen bzw. abnehmender Widerstand für gasförmige Medien bei fallenden Temperaturen.

Auf diese Weise ist dieses Wärmetauscherprinzip für breite Anwendungsgebiete sowohl des Fahrzeugbaues, des Aggregatebaues als auch beispielsweise des Anlagenbaues einsetzbar. Mit fertigungstechnisch einfachen Mitteln ist dieser Wärmetauscher herstellbar. Ferner bietet diese Gestaltung die Möglichkeit, unter Beibehaltung der strömungstechnisch günstigen Gestaltung der Austauschflächen des bekannten Wärmetauschers ein weiteres bzw. mehrere weitere Medien, je nach Bedarfs- oder Anwendungsfall, im gleichen Wärmetauscher zu kühlen bzw. deren Energiepotential zur Erhitzung bzw. Kühlung zu nutzen. Die Dimensionierung und Anordnung der einzelnen Kühlelemente des Wärmetauschers kann dabei im Sinne der Erfindung je nach Bedarfsfall unterschiedlich sein.

Der Erfindungsgedanke sieht weiter vor, den Widerstand des Kühlmediums über die gesamte Fläche des Wärmetauschers konstant zu halten. Durch strömungsbeeinflussende Maßnahmen wird eine konstante Widerstandshöhe über die gesamte Wärmetauscherfläche erreicht. Nach diesem erfindungsgemäßen Vorschlag wird das Kühlmedium optimal genutzt. Beispielsweise bei Verwendung des Kühlmediums Luft wird erreicht, daß über den gesamten Querschnitt eine gleichmäßige Auf-

heizung erfolgt und somit der Leistungsverlust für die Kühlung der betreffenden Medien ein Minimum ist.

In Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der Wärmetauscher aus mehreren schräg geteilten Blöcken besteht. Diese Anordnung hat den Vorteil einer kompakten Bauform des Wärmetauschers und einer vereinfachten Kühlluftführung für das Kühlmedium Luft im Vergleich zu mehreren einzeln angeordneten Wärmetauschern.

Der Erfindungsgedanke nach Anspruch 3 gestattet, den Wärmetauscher mit einem weiteren Medium, beispielsweise Abgas, Schmieröl, Hydrauliköl, Kühlwasser oder ein anderes gasförmiges oder flüssiges Medium zu beaufschlagen. Mit dieser Möglichkeit erhöhen sich die Anwendungsfälle bei gleichzeitiger Verringerung der Variantenzahl, d. h. Reduzierung verschiedener Wärmetauscher Ausführungen.

Nach Anspruch 4 ist der Wärmetauscher besonders geeignet für V-Motoren, bei denen jede Zylinderreihe des V-Motors mit einer eigenen Aufladevorrichtung, beispielsweise Abgasturbolader, versehen ist. Mit diesem Konzept kann jeder Zylinderreihe die Verbrennungsluft getrennt und unabhängig voneinander zugeführt werden. Weiter bietet sich dieser Wärmetauscher für eine zweistufige Aufladung an.

Im Anspruch 5 ist eine Besonderheit der V-Motoren berücksichtigt. Bei V-Motoren können abhängig von der Zylinderzahl, dem V-Winkel und dem Zündabstand Druckschwankungen in der Ladeluftleitung auftreten, die den Liefergrad einzelner Zylinder nachteilig beeinflussen können. Zur Vermeidung bzw. Verringerung von Druckschwankungen bietet sich bei dieser Anordnung des Wärmetauschers (Ladeluftkühler) die Möglichkeit an, in der Mitte des Wärmetauschers eine Verbindung zwischen beiden Kühlerteilen derart herzustellen, daß auf der Ladeluftseite jederzeit ein Druckausgleich zwischen den beiden Luftströmen bewirkt wird. Dieser Übergang ersetzt die heute übliche zusätzliche Verbindungsleitung zwischen den Ansaugsammelleitungen der beiden Zylinderreihen des V-Motors. Bei Verwendung dieses Wärmetauschers für eine zweistufige Aufladung entfällt diese Querverbindung zwischen diesen Kühleinheiten.

Bei Verwendung des Wärmetauschers zur Rückkühlung von zwei gasförmigen Medien, z. B. Ladeluft für eine zweistufig aufgeladene Brennkraftmaschine mit Zwischenkühlung der Ladeluft, wird die Ladeluft in den Wärmetauscher, der die Form eines schräggeteilten Blocks aufweist, geführt. Mit der im Gegenstrom durch den Wärmetauscher geführten Ladeluft und den jeweils abnehmenden Querschnitten in Strömungsrichtung folgt man dem physikalischen Gesetz von Gasen, das besagt, daß der Strömungswiderstand im wesentlichen eine Funktion der Temperatur ist, d. h. fallend mit der Temperatur. Auch der unterschiedlichen Dichte der beiden Ladeluftströme kann in einfacher Form Rechnung getragen werden.

In Ausgestaltung der Erfindung kann der Wärmetauscher auch aus mehreren zusammengesetzten Kühleinheiten bestehen. Jede Einheit für sich ist nach dem Erfindungsprinzip ausgeführt, d. h. der Strömungswiderstand für das zu kühlende Medium ist in allen Bereichen der entsprechenden Kühleinheit konstant. Der Wärmetauscher kann mit unterschiedlichen Medien beaufschlagt werden, ebenso kann das Strömungsverfahren jeder Kühleinheit bestimmt werden, ob Kreuzgegen- oder Kreuzgleichstrom und damit auch der Wirkungsgrad jedes einzelnen Wärmetauschers verändert werden.

Der Wärmetauscher kann ferner aus einer Zusammenfassung von zwei schräggeteilten Kühleinheiten ausgebildet sein, die zusammen einen Wärmetauscher bilden. Durch die Beaufschlagung des Wärmetauschers durch ein flüssiges und gasförmiges Medium, welche im Gleichstrom den Wärmetauscher durchströmen, wird erreicht, daß die speziellen physikalischen Eigenschaften von Flüssigkeiten und Gasen in dieser Wärmetauscher-Konzeption nutzbar angewandt werden. Dieser Wärmetauscher bietet ebenfalls Vorteile im Bauvolumen im Vergleich zu Einzelwärmetauschern.

Ein Wärmetauscher, bestehend aus einem schräggeteilten Block mit zwei Kühleinheiten, die unabhängig voneinander zu beaufschlagen sind, kann auch von zwei gasförmigen oder zwei flüssigen Medien durchflossen werden. Vorteilhaft ist es, diese im Gegenstromprinzip zueinander durch den Kühler zu führen, um die physikalischen Eigenschaften zu nutzen, d. h. bei gasförmigen Medien Widerstandsminderung bei sinkender Temperatur bzw. bei Flüssigkeiten Widerstandserhöhung bei sinkender Temperatur. Dieser Erfindungsgedanke ist von besonderer Bedeutung für kondensierende und verdampfende Medien, da sich die Widerstandsbeiwerte in sehr starkem Maße ändern und zu erheblichen Querschnittsänderungen führen, die ihrerseits wieder Gelegenheiten zu sinnvollen Kombinationen für eine optimale Ausnutzung geben.

Die Kühlmittelführung ist vorteilhaft mit unterschiedlichen turbulenzanregenden Mitteln versehen, die auf der Kühlmittelseite eine gleichmäßige Widerstandshöhe über die gesamte Wärmetauscherbreite bewirken. Die Anordnung ist so, daß in Abhängigkeit der erzielbaren Wirkung die Anzahl der Turbulenzanreger in Strömungsrichtung zweckmäßigerweise abnimmt. Diese fertigungstechnisch einfache Maßnahme ist insbesondere für Kühlmittelführungen in Scheidenbauweise von Bedeutung.

Die der Erfindung zugrundeliegende Wärmetauscherkonzeption sieht vor, daß die Kühlmittelführung auch durch an sich bekannte Rippenrohre bzw. Lamellen gebildet werden, die von Kühlflüssigkeit als Kühlmittel durchströmt werden. Hierbei können die Rippenrohre z. B. in Form einer Rohrschlange oder im Kreuzstrom zu den Kühlkanälen den Wärmetauscher durchziehen. Diese Ausgestaltung bietet den Vorteil, daß zusätzlich zu den Führungen für die Kühlmedien die Kühlmittelführung bei Luftkühlung als Kühlkanal für ein weiteres Medium genutzt werden kann, wobei bei einem gasförmigen Kühlmedium die Kühlmittelführung mit turbulenzanregenden Mitteln in der in Anspruch 9 vorgeschlagenen Weise versehen ist.

Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung und den Zeichnungen, die Ausführungsbeispiele der Erfindung schematisch darstellen. Es zeigt

Fig. 1 einen Ladeluft/Wasser-Wärmetauscher, der nach dem abgewandelten Kreuzgegenstromprinzip arbeitet,

Fig. 2 einen zweistufigen Ladeluftkühler, mit dem Durchströmprinzip Kreuzgleich- und Kreuzgegenstrom; als Kühlmedium dient Wasser,

Fig. 3 einen Ladeluft/Kühlluft-Wärmetauscher im Kreuzgegenstrom, bestehend aus zwei Kühleinheiten,

Fig. 4 einen Wärmetauscher Ladeluft/Wasser, mit einer Kühleinheit im Kreuzgleichstrom und einer weiteren im Kreuzgegenstrom,

Fig. 5 einen Wärmetauscher mit dem Kühlmedium Luft und den zu kühlenden Medien Ladeluft und Öl; die

Austauschmedien arbeiten nach dem Kreuzstromprinzip,

Fig. 6 einen Wärmetauscher, der für die zu kühlenden Medien Ladeluft und Abgas und das Kühlmedium Luft vorgesehen ist; nach dem Kreuzstrom arbeitend.

Fig. 7 einen Wärmetauscher, vorgesehen für zweistufige Aufladung mit Zwischenkühlung, mit dem Kühlmedium Wasser und dem zu kühlenden Medium Ladeluft.

Der in Fig. 1 dargestellte Wärmetauscher 1 zeigt einen von Kühlwasser beaufschlagten Ladeluftkühler im abgewandelten Kreuzgegenstrom, wie er sich insbesondere für hochaufgeladene Motoren mit höheren Temperaturdifferenzen der Ladeluft zwischen Ein- und Austritt anbietet. Das zu kühlende Medium Ladeluft gelangt in den Wärmetauscher 1 und dort in den Eingangsquerschnitt vom schräggeteilten Block 7, der sich zum entgegengesetzten Kühlerende verjüngt. Im Umkehrbereich 9 des Wärmetauschers, der vereinfacht dreieckförmig dargestellt ist, wird das Kühlmedium umgeleitet. Der Eingangsquerschnitt des Kühlerteils 8 ist gleich dem Ausgangsquerschnitt vom Kühlerteil 7. Die Kühleinheit 8 verjüngt ebenfalls vom Eintritt zum Austritt. Die Schrägeileitung bewirkt einen konstanten Durchströmwiderstand für die Ladeluft. Die physikalische Eigenschaft von gasförmigen Medien wird genutzt, d. h. vereinfacht, der Strömungswiderstand von Gasen verringert sich mit abnehmender Temperatur. Die Ladeluft tritt daher am größten Kühlerquerschnitt 1 ein und am engsten Kühlerquerschnitt 2 aus.

Das dargestellte Prinzip läßt sich ebenfalls verwenden für übliche, eng verrippte Röhrenkühler, wobei das Kühlmedium, bevorzugt Kühlwasser, innen durch die Rohre und die Ladeluft außen durch die Kühlrippen der Rohre strömt.

In Fig. 2 ist der Wärmetauscher 2 dargestellt, der schräggeteilt zwei Kühleinheiten 10, 11 bildet. Das Bild zeigt den Wärmetauscher als Ladeluftkühler, bestehend aus den zwei Kühleinheiten 10, 11. Die Ladeluft durchströmt den Kühler im Gegenstrom. Besonders geeignet ist dieser Wärmetauscher (Ladeluftkühler) für V-Motoren. Bei einer Anordnung im V-Winkel kann auf die sonst übliche Verbindungsleitung zwischen beiden Zylinder-Reihen, die für einen Druckausgleich sorgt, verzichtet werden, wenn im Wärmetauscher eine Verbindung zwischen beiden Kühlerteilen derart hergestellt wird, daß auf der Ladeluftseite jederzeit ein Druckausgleich zwischen beiden Luftströmen, und damit zwischen beiden Ansaugleitungen der Zylinderreihen des V-Motors, erreicht wird, in Fig. 2 mit 29 gekennzeichnet. Bei Verwendung dieses Wärmetauschers für eine zweistufige Aufladung entfällt diese Querverbindung zwischen der Kühleinheit 10 und 11. Das Erfindungsprinzip ist auf die Ladeluftseite beschränkt, da der Wärmetauscher auf der Wasserseite in der Regel nur zur geringen Änderung der Temperatur führt. Die Ladeluft tritt wie in Fig. 1 jeweils auf der großen Kühlerquerschnittsfläche der entsprechenden Kühleinheit 10 oder 11 ein und auf der entgegengesetzten Kühlerseite wieder aus. Die Ladeluft und das Kühlmedium Wasser durchströmen die Kühleinheit 10 im abgewandelten Kreuzgleichstrom, in der Kühleinheit 11 dagegen im abgewandelten Kreuzgegenstrom.

Fig. 3 stellt einen mit Kühlluft beaufschlagten Ladeluftkühler im Kreuzgegenstrom dar, ebenfalls geeignet für eine zweistufige Aufladung mit Zwischenkühlung. In dieser Anordnung besteht der Wärmetauscher 3 aus zwei zu einer Einheit aneinandergesetzten Einzelwärmetauschern, die jeweils aus den Kühleinheiten 12, 13 bzw.

16, 17 bestehen. Das zu kühlende Medium Luft tritt unabhängig voneinander zugeführt in die Kühleinheit 12 und 17 ein. Die Durchströmfläche verengt sich zur Wärmetauschermitte hin stetig bis zu den Umkehrbereichen 14, 15; diese befinden sich aneinandergeführt an den Enden der einzelnen Kühleinheiten in der Mitte des Wärmetauschers 3. Der Durchströmquerschnitt in den Umkehrbereichen 13, 16 ist nahezu konstant. Die Ladeluft tritt jeweils umgelenkt in die Kühleinheiten 13 und 16 ein und verläßt den Wärmetauscher 3 an dessen engsten Strömungsquerschnitten. Die Darstellung zeigt weiter, daß sich der Erfindungsgedanke nicht nur auf einen konstanten Strömungswiderstand für das zu kühlende Medium bezieht, sondern auch Maßnahmen für das Kühlmittel vorsieht, um eine gleichmäßige Widerstandshöhe über den gesamten Wärmetauscher zu erreichen. Dies kann beispielsweise durch Verringerung turbulenzanregender Mittel bei zunehmender Erwärmung der Kühlluft erreicht werden. Vereinfacht sind diese turbulenzanregenden Mittel in Fig. 3 mit 28 gekennzeichnet dargestellt.

Fig. 4 zeigt eine Variante zu Fig. 3. Dargestellt ist der Wärmetauscher 4 als Ladeluftkühler, dessen Rückkühlung mit Wasser erfolgt, alternativ ist auch z. B. Öl verwendbar. Als Beispiel der Variantenvielfalt, die der Erfindungsgedanke beinhaltet, ist der rechte Teil des Wärmetauschers 4, bestehend aus den Kühleinheiten 22, 23 und dem Umkehrbereich 21, nach dem Kreuzgegenstrom ausgelegt, dagegen die linke Wärmetauschrhälfte mit den Kühleinheiten 18, 19 und dem Umkehrbereich 20 nach dem Kreuzgleichstrom. Diese Beaufschlagungen bewirken unterschiedliche Wirkungsgrade der Kühler bei gleichen äußeren Abmessungen. Die Erfindung ist auch übertragbar auf Wärmetauscher mit voneinander abweichenden Wärmeaustauschflächen, d. h. die Kühleinheiten 18, 19 sind ungleich zu den Kühleinheiten 22, 23.

In Fig. 5 ist ein Wärmetauscher im Kreuzstrom dargestellt. Nach dem Erfindungsgedanken, der die physikalischen Eigenschaften von gasförmigen und flüssigen Medien nutzt und in die Wärmetauscherauslegung umsetzt, ist der Wärmetauscher 5 ebenfalls schräggeteilt. Die Kühleinheit 24 weitet sich für das zu kühlende Medium Öl in Durchströmrichtung und bewirkt eine Widerstandssenkung. Dagegen wird die Kühleinheit 25 mit Ladeluft beaufschlagt, für die sich in Durchströmrichtung der Querschnitt verengt. Die zu kühlenden Medien Ladeluft und Öl werden im Gleichstrom durch den Wärmetauscher 5 geführt. Die Schrägteilung des Wärmetauschers gestattet diese Beaufschlagung bei gleichzeitiger Berücksichtigung der spezifischen Eigenschaften. Vereinfacht kann gesagt werden; für ein flüssiges Medium steigt der Widerstand mit fallender Temperatur, dagegen gilt für gasförmige Medien, der Widerstand fällt mit abnehmender Temperatur.

Fig. 6 zeigt den Wärmetauscher 6 im Kreuzstrom, der beaufschlagt wird von zwei gasförmigen Medien, die zueinander den Kühler im Gegenstromprinzip durchströmen. Die Kühleinheit 26 wird von Abgas und die Kühleinheit 27 von Ladeluft durchströmt. Für beide Medien verkleinert sich mit zunehmender Abkühlung der Durchströmquerschnitt. Das in Fig. 6 dargestellte Wärmetauscherprinzip dient vorteilhaft zur besseren Ausnutzung der motoreigenen Wärme, bei dem zunächst Ladeluft und dann das Abgas gekühlt wird. Diese Ausführung ist weiter anwendbar im Zusammenhang mit dem Einsatz von Brennkraftmaschinen zum Antrieb von Wärmepumpen. Bei kondensierenden und verdampfen-

den Medien ist der Erfindungsgedanke von besonderer Bedeutung, da sich die Strömungswiderstandsbeiwerte temperaturbedingt in sehr starkem Maße ändern und zu erheblichen Querschnittsänderungen führen, die ihrerseits wieder Gelegenheit zu sinnvollen Wärmetauscherkombinationen geben.

Fig. 7 stellt einen Wärmetauscher dar, wie er beispielsweise eingesetzt werden kann für Brennkraftmaschinen mit zweistufiger Aufladung und einer Zwischenkühlung. Der schräggeteilte Wärmetauscher 30 bildet die Kühleinheiten 31, 32. Die Darstellung zeigt den Wärmetauscher 30 als Ladeluftkühler, bestehend aus den zwei hintereinander geschalteten Kühleinheiten 31, 32. Die ungleiche Aufteilung der Kühleinheiten 31, 32 verdeutlicht den Erfindungsgedanken. Der Zwischenkühler 31, der als Niederdruckstufe angelegt ist, beansprucht mehr Austauschfläche als der Endkühler, der auch als Hochdruckstufe bezeichnet werden kann. Mit einer ungleichen, für die jeweilige Brennkraftmaschine abgestimmten Aufteilung der Kühleinheiten 31, 32 kann die unterschiedliche Dichte, Temperatur und der unterschiedliche Druck der Ladeluft berücksichtigt werden. Die Ladeluft tritt auf der großen Querschnittsfläche der Kühleinheit 31 ein und auf der entgegengesetzten Seite wieder aus. Der Ladeluftstrom wird dann in einer separaten, nicht dargestellten Aufladevorrichtung verdichtet und gelangt anschließend in die größte Querschnittsfläche der Kühleinheit 32 und verläßt den Wärmetauscher auf der entgegengesetzten Seite. Die Ladeluft und das Kühlmedium Wasser durchströmen die Kühleinheit 31 im abgewandelten Kreuzgleichstrom, in der Kühleinheit 32 im abgewandelten Kreuzgegenstrom. Die Ladeluft in den Kühleinheiten 31, 32 dagegen wird im Gegenstrom durch den Wärmetauscher geführt.

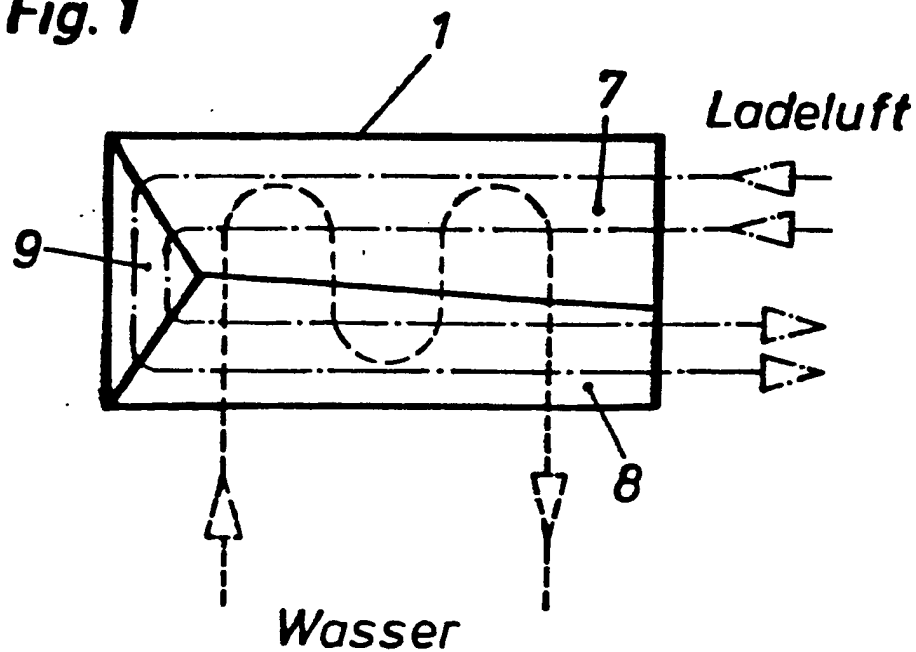
*Nachgereicht*

- 9 -

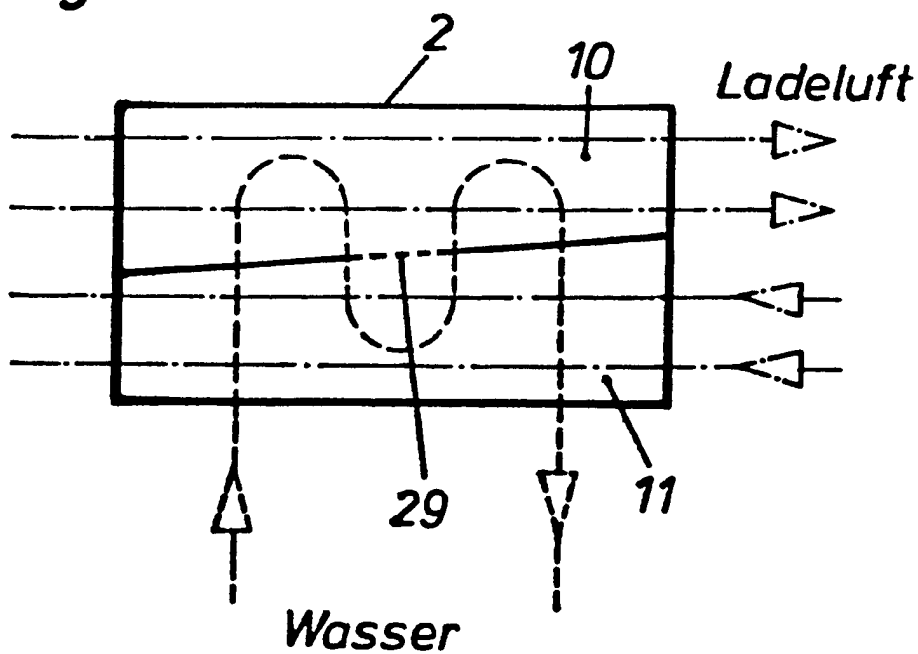
Nummer:  
Int. Cl.4:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

35 08 240  
F 28 D 7/00  
8. März 1985  
11. September 1986

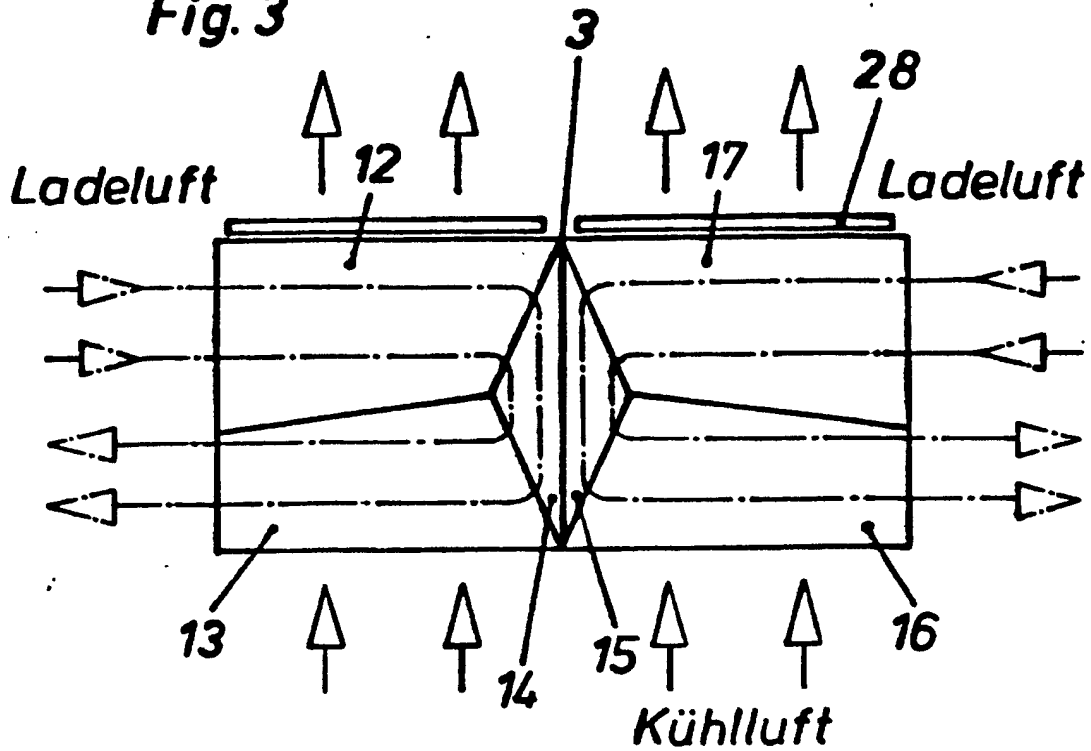
**Fig. 1**



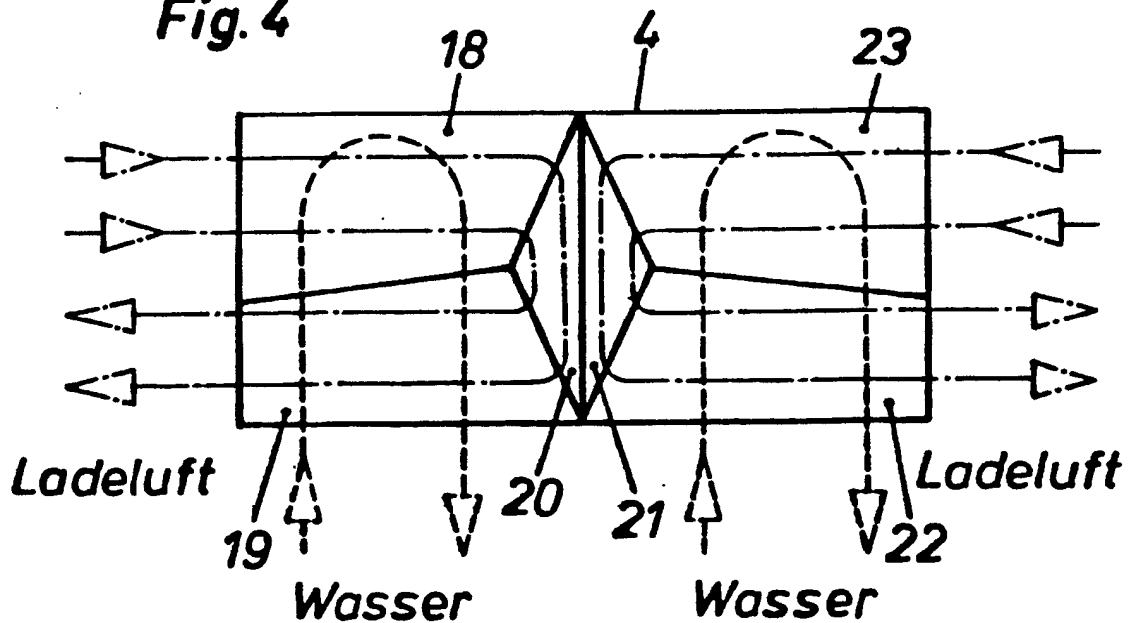
**Fig. 2**



**Fig. 3**



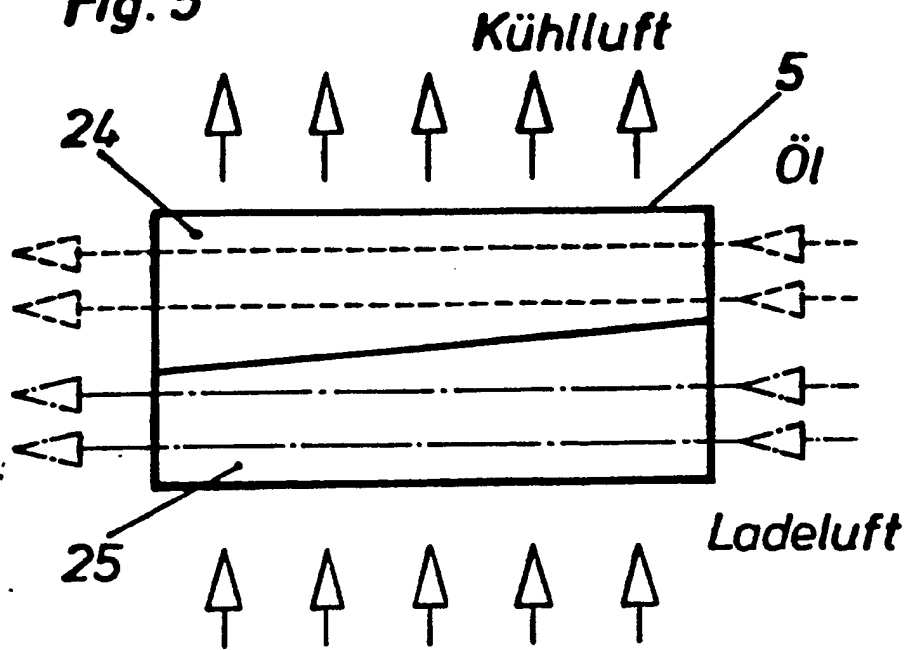
**Fig. 4**



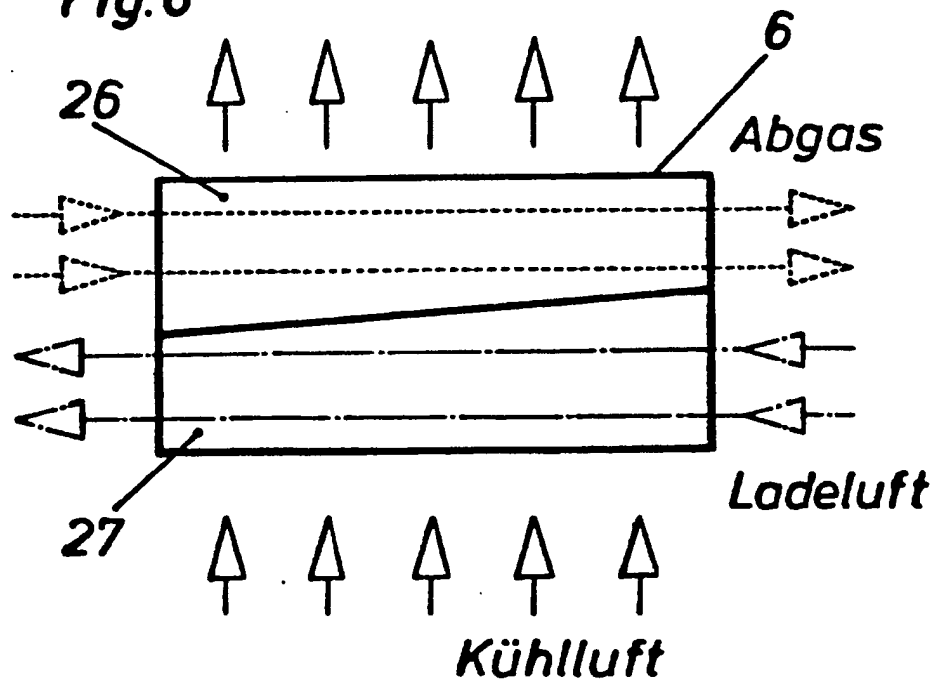
ORIGINAL INSPECTED



**Fig. 5**

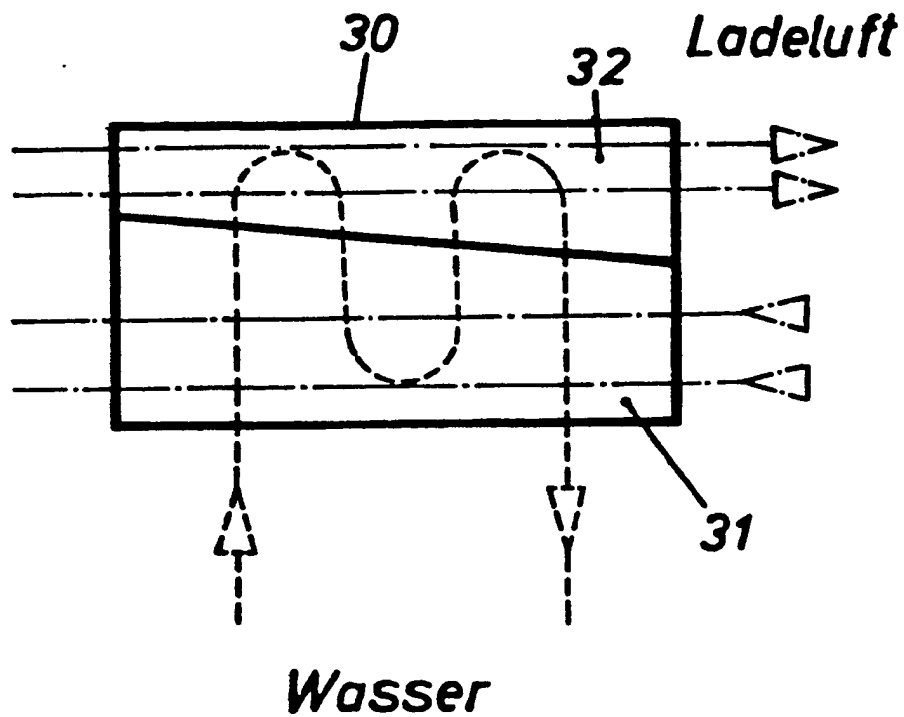


**Fig. 6**



ORIGINAL INSPECTED

**Fig. 7**



ORIGINAL INSPECTED